

**КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Кафедра геофизики и геоинформационных технологий

**МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО
ПО ПРОВЕДЕНИЮ УЧЕБНОЙ ПОЛЕВОЙ
ПРАКТИКИ ПО СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ**

для направления:
05.03.01 – Геология,
профиль – Геофизика

Казань – 2016

УДК 550.834.08

*Принято на заседании учебно-методической комиссии ИГиНГТ
Протокол № 7 от 16 февраля 2016 года*

Рецензенты:

Главный геофизик ООО «ТНГ-Казаньгеофизика», **Д.С. Андреев**

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент кафедры геофизики и геоинформационных
технологий КФУ **Д.И. Хасанов**

Степанов А.В.

Методическое руководство по проведению учебной полевой практики по сейсморазведке/ А.В. Степанов. – Казань: Казан. ун-т, 2016. – 19 с.

Аннотация

В учебно-методическом пособии изложены общие положения, а также специальные вопросы по проведению учебной полевой практики по сейсморазведке с применением компьютеризированных телеметрических сейсмостанций 4-го поколения. Цель практики заключается в освоении студентами методики работы с сейсмической аппаратурой, и приобретении начального опыта обработки полевого сейсмического материала.

© **А.В. Степанов**

© **Казанский университет, 2016**

ВВЕДЕНИЕ

Данное методическое руководство предназначено для студентов-геофизиков 3-го курса геофизической специальности и содержит необходимые рекомендации для проведения учебной полевой практики по сейсморазведке. Цель этой практики состоит в изучении современной сейсмической аппаратуры, приобретении начального опыта анализа полевого сейсмического материала. Итоговым зачетным материалом по практике является письменный отчет.

Каждый студент набирает комплект сейсмограмм, который обрабатывает и прикладывает к своим индивидуальным отчетам. В отчет также следует включить фотоснимки компонентов сейсмической аппаратуры, применяя имеющиеся мультимедийные устройства: мобильный телефон, цифровой фотоаппарат, планшетный компьютер. Отчет выполняется каждым студентом. Он начинается Введением, в котором студент приводит сведения о регионе и сейсмопартии, в которой он проходил практику и в какие сроки; какие задачи были поставлены перед сейсмической партией. Изложение материала по каждой теме производится по следующей схеме:

1. изложение задания по теме;
2. карандашом оформляются рисунки, иллюстрирующие применявшиеся функциональные схемы аппаратуры и прикладываются иллюстрации с компонентами этой аппаратуры;
3. описываются особенности применяемой сейсмической аппаратуры и приводятся рабочие параметры этой аппаратуры;
4. описывается порядок обработки полевых сейсмограмм;
5. приводятся таблицы с техническими характеристиками аппаратуры или полученными результатами обработки;
6. формулируются выводы по теме.

Отчёт завершается заключением, в котором подводятся итоги сейсмической практики.

Тема 1. Изучение телеметрической системы сбора данных сейсмической информации

Цель: *изучить состав оборудования, принцип работы, назначение отдельных элементов сейсмостанции, применявшейся в сейсмической партии.*

Задачи:

- 1) Изучить компонентный состав оборудования.
- 2) Изучить функциональную блок-схему (назначение отдельных элементов).
- 3) Изучить технические характеристики полевых модулей, блока центральной электроники.
- 4) Описать функциональную блок-схему, технические характеристики в форме таблицы, состав оборудования сейсмической системы сбора данных, применявшейся в сеймопартии.

Общая характеристика систем сбора данных сейсмической информации

Телеметрическая система сбора данных. Конструкция сейсмостанций за последние полвека претерпела существенные изменения, которые были связаны с усложняющимися геологическими задачами, ставившимися перед сейсморазведкой, и базировались на достижениях приборостроения и компьютеризации. В настоящее время используются цифровые сейсмостанции четвертого поколения. Данное поколение относится к классу компьютеризированных сейсморазведочных станций. Это означает, что в их состав включены компьютеры промышленного изготовления. В этих станциях компьютеры прежде всего выполняют технологические функции управления источниками и оборудованием при сборе и регистрации данных, ведения протокола работы, контроля и диагностики ошибок. Кроме того компьютеры выполняют ряд цифровых процедур обработки, направленных на выделение сигналов на фоне помех. Состав этих процедур зависит, главным образом, от вычислительной мощности компьютера.

Структура цифровой сейсмостанции, по-прежнему, включает тракт регистрации, объединяющий группу устройств, осуществляющих собст-

венно цифровую запись и ослабление помех, а также тракт воспроизведения, состоящий из устройств, обеспечивающих визуализацию сейсмозаписи для оперативного контроля, как на экране дисплея, так и на специальной бумаге.

Современные цифровые сеймостанции подразделяются на два класса. Определяющим признаком принадлежности к одному из классов является место выполнения дискретизации (оцифровки) регистрируемого сигнала. Для **линейных** сеймостанций характерно размещение трактов регистрации и воспроизведения в передвижной лаборатории (рис.1), относительно небольшое число каналов (< 300), низкая стоимость. Они предназначены для линейного профилирования (сейсмических работ 2D) и скважинной сейморазведки.

Внедрение в практику сейморазведки площадного профилирования с многократным перекрытием и, следовательно, резким увеличением объёма поступающей информации привело к созданию сеймостанций с трактом регистрации более сложной конфигурации, у которых процесс регистрации и начальная часть процесса обработки сеймосигналов, включая их дискретизацию, осуществляется вблизи места их приёма непосредственно на профиле. Передача информации уже в цифровой форме выполняется по мере её накопления на базовую (центральную) сейморегистрирующую систему.



Рис. 1. Передвижные сейсмические лаборатории

Такая технология, получившая название **телеметрической**, реализуется с помощью полевых модулей, размещённых по какой-либо схеме на площади исследований, и центральной регистрирующей станции (ЦРС), управляемой мощным компьютером (рис.2), которая размещается в передвижной сейсмической лаборатории. Полевые модули (2), обслуживающие от одного (5) до шести каналов каждый, подключаются к ЦРС (1) через линейный интерфейсный и коммутационные модули (3).

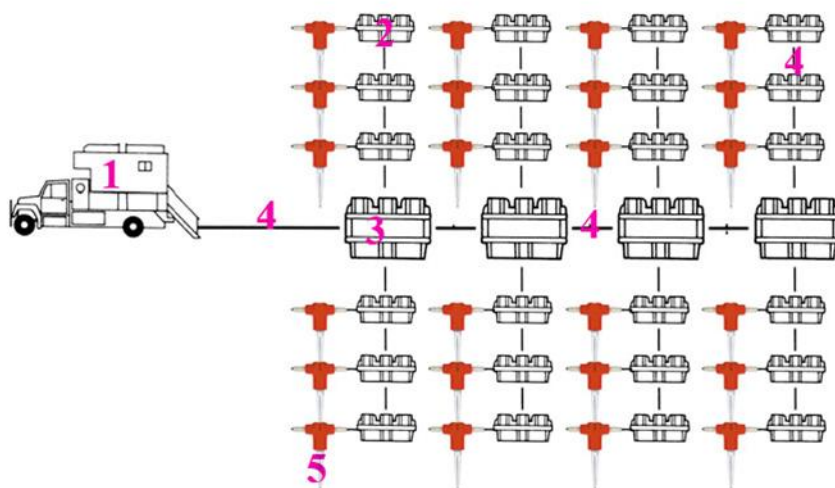


Рис. 2. Блок-схема телеметрической сейморазведочной станции: 1 – центральная регистрирующая станция, 2 – полевые модули, 3 – линейные коммутационные модули, 4 – телеметрический канал связи, 5 – сейсмоприёмники

Телеметрический канал связи (4) - «коса», - по которому передаётся сейсмическая и другая информация от полевого модуля к ЦРС, реализован на специальном кабеле (4), реже – с помощью радиоканала.

Конструктивно полевые модули разных производителей несколько различаются. Однако в их составе можно выделить следующие блоки, входящие в состав сейсморегирующего канала, (рис.3): аналоговой обработки, включающий предусилители и фильтры ВЧ и НЧ, аналого-цифровой обработки, выполняющий квантование сигналов по времени и амплитуде, коммутационно-логический, состоящий из коммутатора каналов, форматора, запоминающего устройства, а также ряд других устройств.

Типовой состав ЦРС включает блок регистрации и контроля, который через линейный интерфейсный модуль подключается к телеметрическому каналу связи и управляется с помощью мощного компьютера – ра-

бочей станцией (рис.4). Для управления бригадой рабочих на профиле и сейсмическим источником в распоряжении оператора ЦРС имеется радиостанция и специальное устройство управления источником. Для записи и визуализации сейсмоматериалов используются периферийные устройства аналогичные применяемым в линейных сеймостанциях. Эти станции могут иметь большое количество каналов (> 1000) и комплектуются специальными телеметрическими косами.

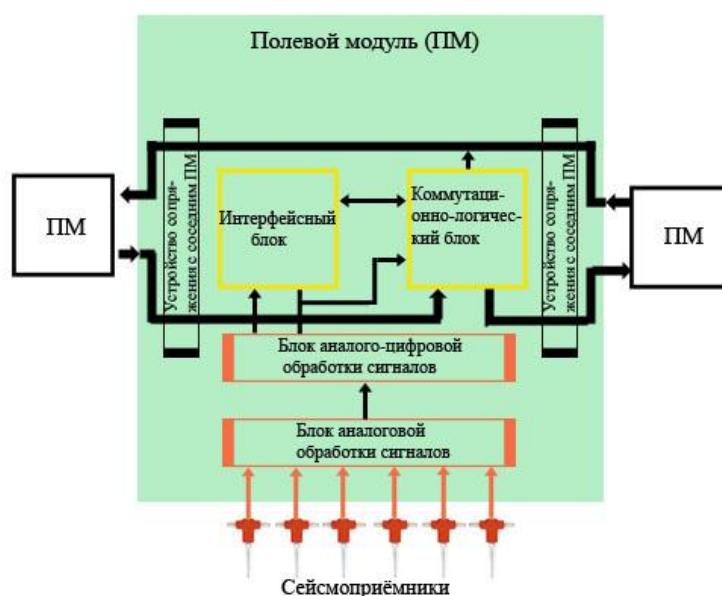


Рис. 3. Обобщённая блок-схема полевого модуля (Бондарёв, 2000)

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие технические операции выполняет полевой модуль сбора сейсмической информации?
2. Какие компоненты системы сбора сейсмической информации образуют тракт регистрации?
3. Каковы параметры регистрации (шаг квантования, параметры фильтров, усиление) установлены на сеймостанции?
4. Почему используется автоматическая регулировка усиления в тракте воспроизведения?

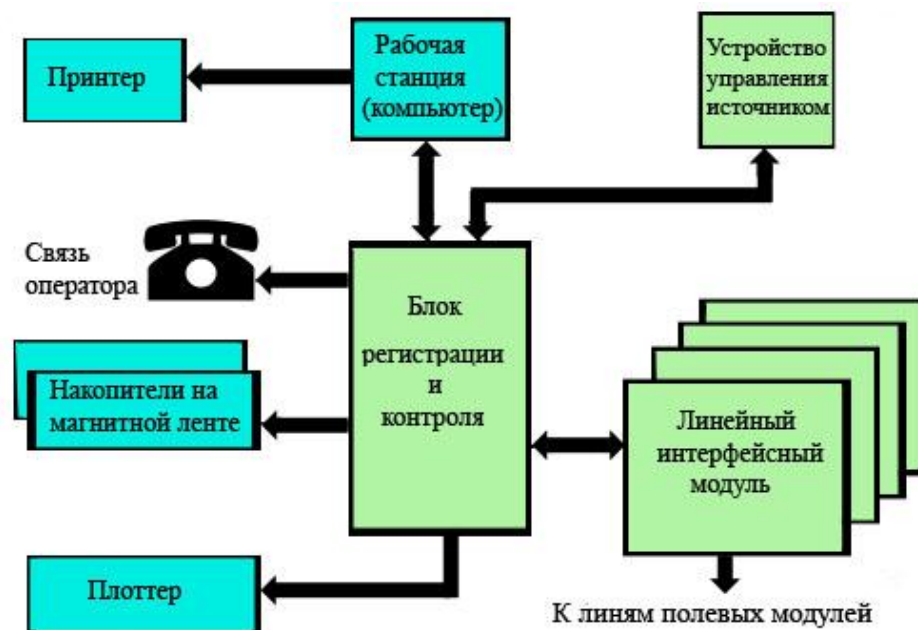


Рис. 4. Блок-схема центральной электроники телеметрической станции (Бондарёв, 2000)

Тема 2. Изучение сейсмических источников упругих волн

Цель: *изучить принцип работы, состав оборудования, назначение отдельных элементов сейсмического источника, применявшегося в сейсмопартии.*

Задачи:

1. Изучить состав оборудования.
2. Изучить технические характеристики сейсмического источника.
3. Изучить функциональную блок-схему (назначение отдельных элементов).
4. Описать функциональную блок-схему, технические характеристики в форме таблицы, состав оборудования сейсмического источника, применявшегося в сейсмопартии.

Общая характеристика сейсмических источников

Источники сейсмических колебаний. Важнейшим техническим элементом сейсмических работ является сейсмический источник. От его характеристик и функционирования во многом зависит характер регист-

рируемых волновых полей и производительность работ. От его мощности зависит глубинность сейсмических исследований. В наземной сейсморазведке при изучении строения геологического разреза применяют **взрывной** и невзрывной **вибрационный** источники. Наилучшим источником считается взрывной, поскольку при правильной организации работ он создаёт короткий импульс, обладающий широким частотным диапазоном и чётким первым вступлением. Однако производство взрывов наносит серьёзный ущерб окружающей среде, особенно при группировании взрывных скважин, что необходимо по технологии работ методом отражённых волн. Кроме того, взрывной способ возбуждения волн является более дорогим, чем применение невзрывных источников. Использование вибрационных источников существенно ускоряет выполнение сейсмических работ, делает их более безопасными. Применение специальных технических средств позволяет легко управлять диапазоном генерируемых частот.

Взрывной источник сейсмических колебаний. При возбуждении сейсмических волн с помощью взрывов их производят в особых взрывных скважинах. При использовании скважины заряд погружают на ее забой.

Если взрыв шарового заряда производить в однородной среде, то наличие сферической симметрии приводит к тому, что образуются только продольные упругие волны. Однако в реальных условиях всегда имеются более или менее заметные отклонения от этих условий, вследствие чего помимо продольной волны образуются поперечные волны, обычно значительно более слабые.

Амплитуда и видимый период T^* колебаний продольной волны в некоторой точке, достаточно удаленной от источника, зависит от веса q заряда взрывчатых веществ (ВВ). При выборе веса заряда учитывают частотный коэффициент очага g . Он определяет связь между преобладающей частотой f^* возбуждаемых в очаге колебаний и весом заряда данного взрывчатого вещества в виде

$$f^* = gq^{-\frac{1}{3}}.$$

Коэффициент g зависит от величины коэффициента сопротивления раздавливанию k_p и скорости поперечных волн V_s в среде, в которой производится взрыв. Поэтому взрывы в более крепких породах, в которых величины k_p и V_s имеют большие значения, приводят к возбуждению более высокочастотных колебаний.

Глубина скважин должна быть больше мощности зоны малых скоростей, чтобы взрывы производились, как правило, под ее нижней границей, ниже уровня грунтовых вод. Это дает следующие преимущества.

1. Погружение взрыва на глубину, соизмеримую с длиной поверхностной волны, приводит к её существенному ослаблению.

2. При взрыве образуется очень широкий спектр частот колебаний в прямой волне. В зоне малых скоростей происходит интенсивное поглощение колебаний, особенно высокочастотных. Поэтому если производить взрывы на поверхности или внутри зоны малых скоростей, то прямая волна потеряет большую часть своей энергии прежде, чем достигнет коренных пород. Особенно ослаблены будут более высокочастотные составляющие, в том числе и те, которые обычно используются для сейсморазведки.

Частотный спектр волн, возникающих при взрыве, в большой мере зависит от литологического состава и от физического состояния пород, в которых производится взрыв. Самые низкочастотные колебания возникают при взрывах в рыхлых сухих породах — песках, супесях и т. п. Эти породы мало пригодны для производства в них взрывов. Наоборот, при взрывах в очень крепких породах — плотных известняках, кристаллических сланцах, во льду и т. п. возникают колебания чрезвычайно высокой частоты. Они быстро поглощаются по мере распространения в толще земной коры и поэтому мало пригодны для получения хороших отражений или преломлений. Значит, не следует производить взрывы в крепких породах. Лучшие результаты получаются, когда взрыв происходит в увлажнённых пластичных породах, особенно в глинах, влажных песках, плывунах.

Таким образом, изменяя глубину погружения заряда и выбирая породы, в которых будут производиться взрывы, можно воздействовать как на интенсивность полезных волн, так и на их частотный состав.

Вибрационный источник сейсмических колебаний. В вибросейсморазведке в качестве источников упругих колебаний используются вибраторы, смонтированные на автомашинах, тракторах или специальных санях-прицепах. Гидравлические вибраторы, которые получили наиболее широкое развитие и в нашей стране, и за рубежом, способны развивать значительные усилия, обеспечивают возможность возбуждения колебаний в широком диапазоне частот, сравнительно легко управляются, характери-

зуются высокими эксплуатационными характеристиками и значительной удельной мощностью.

Электрогидравлические вибраторы состоят из следующих основных узлов (рис.5): дизельного мотора **1**, масляно-гидравлического насоса **2**, инерционной массы **5** в виде цилиндра, управляемого электрогидравлическим усилителем-преобразователем (ПЭГ); гидравлической системы **6**, системы фазовой коррекции **7-9**, электрической системы управления и транспортного средства **4**. Эти вибраторы имеют равномерную функцию передачи энергии в широком диапазоне частот. Частотная характеристика вибратора почти горизонтальна, на высоких частотах наблюдается некоторое уменьшение отдачи. Верхняя граничная частота диапазона вибраций определяется в основном давлением жидкости в системе.

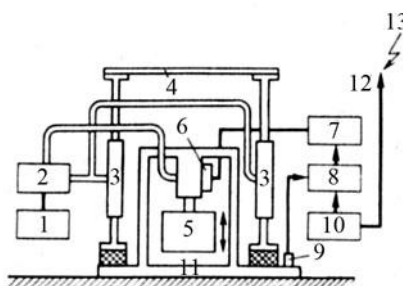


Рис. 5. Блок-схема вибрационного источника (Потапов, 1989): 1 – дизельный мотор, 2 – масляно-гидравлический насос, 3 – развязывающие пружины, 4 – шасси автомобиля, 5 – инерционная масса, 6 – гидравлическая система, 7 – датчик колебаний опорной плиты, 8 – фазо-компенсирующее устройство, 9 – датчик скорости, 10 – усилитель, 11 – опорная плита, 12 – приёмная антенна, 13 – радиосигнал от сейсмостанции

Еще более важное преимущество гидравлической системы заключается в том, что ее управление осуществляется синхронизирующим сигналом ("разверткой"), который передается с сейсмостанции. Сигнал развертки может управлять одновременно несколькими вибраторами, которые будут возбуждать совершенно идентичные по фазе сигналы. Повторяемость формы возбуждаемых колебаний при каждом цикле работы вибратора позволяет производить суммирование отдельных воздействий до корреляционной обработки. Поэтому накопление достаточно большой

энергии может быть осуществлено путем суммирования значительного числа записей сравнительно коротких циклов (< 10 с).

В настоящее время в вибросейсморазведке применяются различные электрогидравлические установки, создающие усилия от нескольких сот килограммов до 25 т. Принципиальное устройство их практически одинаково. Вибратор осуществляет преобразование управляющего сигнала, передаваемого по радио с сейсмостанции, в механические колебания. Принятый сигнал развертки усиливается и подается на вход электрогидравлического усилителя, состоящего из электромеханического преобразователя и гидравлической системы. Электромеханический преобразователь управляет потоком жидкости, подающейся под высоким давлением (до $2 \cdot 10^6$ Па) к вибровозбудителю (рис.6). Он является рабочим, излучающим элементом гидравлического вибратора.

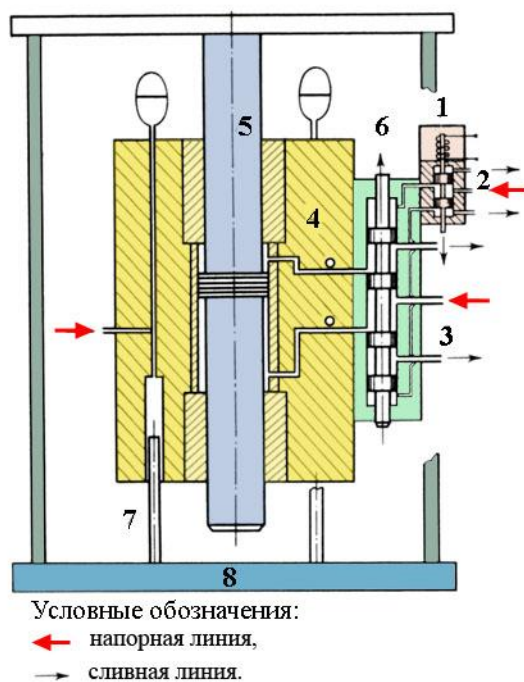


Рис. 6. Возбудитель вибраций с двухкаскадным электрогидравлическим преобразователем (Вибрационная сейсморазведка ..., 1990): 1 – электрогидравлический преобразователь, 2 – золотник первого каскада, 3 – золотник второго каскада, 4 – гидроцилиндр, 5 – поршень вибровозбудителя, 6 – датчик положения золотника, 7 – гидроцилиндр подъема и опускания плиты, 8 – опорная плита

Вибровозбудитель представляет собой массивный цилиндр двухстороннего действия **4**, играющий роль инерционной массы, внутри которого помещен поршень **5**, соединенный с опорной плитой источника **8**, которая имеет массу 800—2000 кг. В процессе излучения колебаний плита прижимается внешней силой к поверхности земли. Чаще всего для этого ис-

пользуется масса транспортной базы источника, и, чтобы плита не отрывалась от поверхности земли, статическая нагрузка на нее выбирается большей, чем сила, развиваемая излучателем. Поршень с опорной плитой приводится в движение путем попеременной подачи масла в верхнюю и нижнюю полости гидроцилиндра 4. Одновременно с нагнетанием масла из противоположной полости происходит его слив. Таким образом, сила, действующая на поршень, равна произведению его площади на разность давлений над и под поршнем. При этом считается, что действующая на поршень максимальная сила постоянна на всех частотах. Диаметр нагнетательных и сливных отверстий меняется золотниковым механизмом 1 в соответствии с величиной управляющего сигнала, чем и достигается возбуждение переменных во времени колебаний. При этом поршень и цилиндр совершают возвратно-поступательные движения, которые через плиту передаются грунту и возбуждают упругие волны в земле.

Цилиндр, в котором перемещается поршень, соединен с опорной плитой и заставляет ее колебаться в точном соответствии с частотой управляющего сигнала. Обязательным условием успешной работы гидравлического вибратора является движение опорной плиты, синхронное с изменением напряжения управляющего сигнала, подаваемого на ПЭГ. Это достигается специальной системой фазовой коррекции, включающей в себя датчики ускорения или скорости, расположенные на опорной плите и массе, датчики перемещения золотника и инерционной массы, а также электронные схемы анализа поступающих сигналов и управления, подправляющие движение опорной плиты в соответствии с фазой сигнала на ПЭГе (рис.5).

Сигналы, описывающие нагрузки на грунт в вибросейсморазведке, с частотой, изменяющейся по определённому закону во времени, называются свип-сигналами. В практике сейсморазведки применяют линейно-частотно-модулированные (ЛЧМ) и нелинейные (НЧМ) свип-сигналы. Для ЛЧМ-сигналов характерно то, что скорость изменения частоты во времени постоянна в процессе излучения. На рис.7 показан ЛЧМ свип-сигнал. Для уменьшения (или исключения) нежелательного колебательно-го процесса на его амплитудном спектре применяется сглаживание амплитуд свипа по его краям.

Управляющие сигналы, у которых скорость изменения частоты не остаётся постоянной в процессе времени излучения, называются нелинейными (Теория и практика..., 1998). Необходимость применения НЧМ-

сви́пов обусловлена деформацией спектров регистрируемых сигналов: их сужением и приобретением резонансной формы на частотах 25÷30 Гц. В конечном итоге это приводит к снижению разрешающей способности вибросейсморазведки. На рис. 8 представлен НЧМ свип-сигнал со сглаживанием краёв, имеющий увеличенное время излучения на низких частотах.

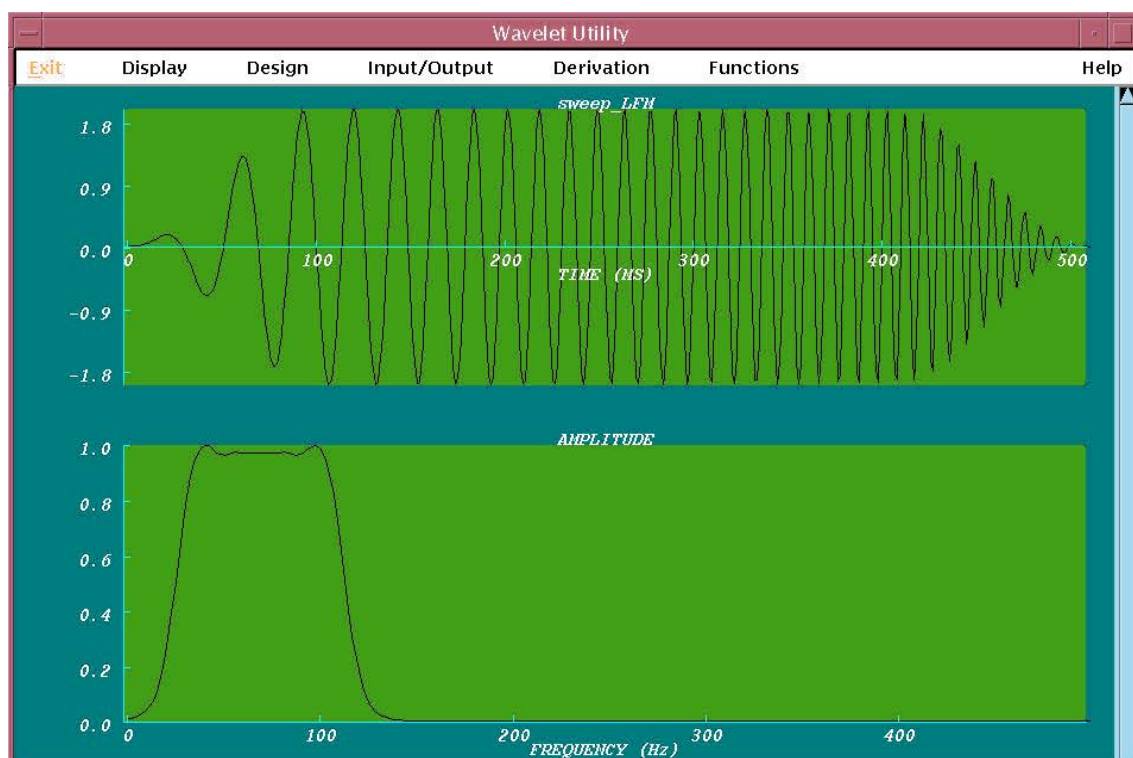


Рис. 7. Линейно-частотно-модулированный свип-сигнал с прямой развёрткой со сглаженными краями и его амплитудный спектр

Вопросы для самоконтроля:

1. На каком принципе основана работа сейсмического источника, который используется в сейсмической партии?
2. Какой диапазон частот способен излучать этот источник?
3. Какова глубинность данного источника?
4. Как синхронизируется работа этого источника с системой сбора сейсмической информации?
5. Существуют ли ограничения при использовании источника данного типа?
6. По какому принципу можно синхронизировать работу нескольких источников данного типа?
7. Каковы преимущества и недостатки источника данного типа?

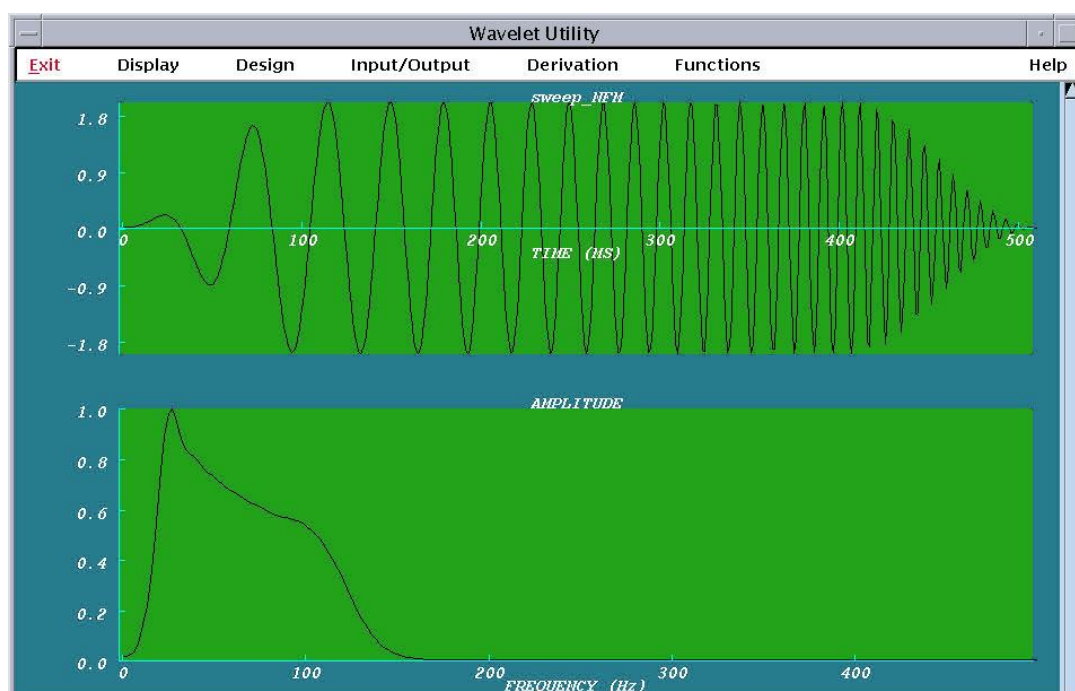


Рис. 8. Нелинейно-частотно-модулированный свип-сигнал с повышенной мощностью излучения на низких частотах со сглаженными краями и его амплитудный спектр

Тема 3. Изучение волновой картины на полевых сейсмограммах МОВ

Цель: выделить на сейсмограмме ОПВ основные типы волн и определить их параметры.

Задачи:

1. Зарегистрировать сейсмограмму с центрального пункта возбуждения (ПВ).
2. Визуализировать сейсмограмму на термоплоттере, установив оптимальные параметры автоматической регулировки усиления.
3. Проанализировать волновую картину, выделив основные типы волн.
4. Оценить параметры выделенных волн.
5. Заполнить таблицу 1 и приложить к отчёту проанализированную сейсмограмму.

Анализ волновой картины заключается в выделении различных типов волн на сейсмограмме с помощью корреляции осей синфазности, учитывая характерные особенности годографов. Для этого выбирается одна

из чётких фаз (экстремумов), следящаяся на большинстве трасс сейсмограммы. Против выбранной фазы на каждой трассе ставится тонкая вертикальная черточка. Воображаемая линия, соединяющая все эти черточки на сейсмограмме, и есть ось синфазности. Следует прокоррелировать оси синфазности, имеющие разный угол наклона, и нанести их карандашом на волновую картину. По каждой оси синфазности определяется кажущаяся скорость волны:

$$V^* = \frac{\Delta x}{\Delta t},$$

где Δx - интервал в метрах по оси X между двумя точками годографа, Δt - интервал времени в секундах между ними. Намечается область прослеживания волны, которая характеризуется двумя парами значений: $\{x_{\text{нач}}, t_{\text{нач}}\}$, $\{x_{\text{кон}}, t_{\text{кон}}\}$. Затем по сейсмотрассе определяется видимый период волны T^* , исходя из её временного масштаба. Далее рассчитываются остальные параметры сейсмической волны:

видимая частота: $f^* = \frac{1}{T^*}$;

видимая длина волны: $\lambda^* = \frac{V^*}{f^*}$.

Рассчитанные параметры по каждой волне заносятся в таблицу 1 в соответствующие графы. В первой строке таблицы приведён пример её заполнения.

Анализ целесообразно начать с сейсмотрасс, ближайших к пункту возбуждения, в области первых вступлений. Желательно, последовательно прокоррелировать прямую волну, затем по излому фаз в области первых вступлений выделить первую, вторую и т.д. головные (преломлённые) волны (рис.9).

Таблица 1

Параметры сейсмических волн

№ п/п	Область просле- живания волны, {м, с}	V^* , м/с	T^* , с	f^* , Гц	λ^* , м	Тип волны
1	{0, 0.0}, {100, 0.2}	прямая

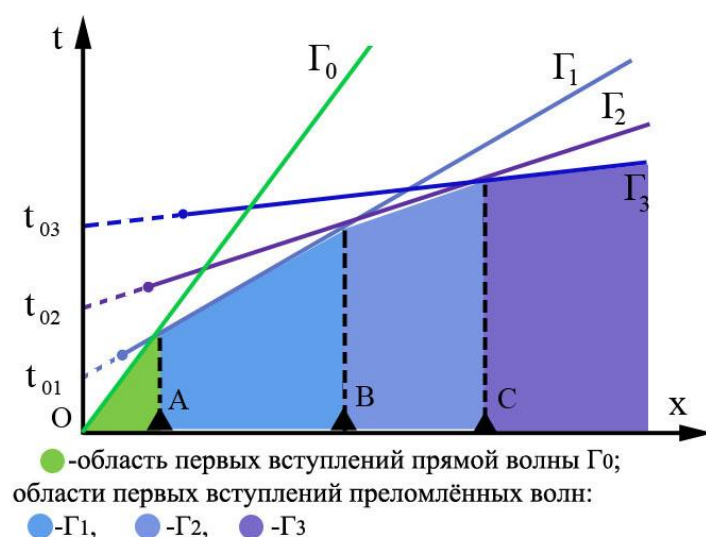


Рис.9. Взаимное расположение годографов прямой и преломлённых волн в трёхслойном разрезе

Часто признаком выхода очередной головной волны в первые вступления является затухание амплитуд колебаний вследствие деструктивной интерференции. Затем анализируется последующая часть волнового поля.

Отражённые волны характеризуются гиперболическими осями синфазности разной степени кривизны. Причём с увеличением глубины отражения кривизна этих осей, как правило, уменьшается (рис.10).

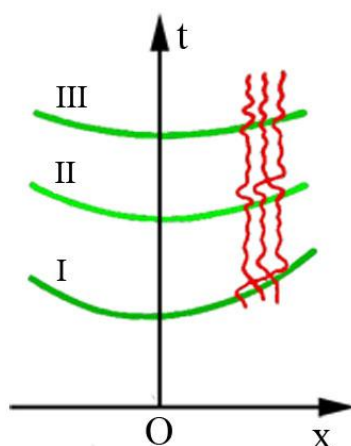


Рис. 10. Наблюдённые годографы отражённых волн и соответствующие им оси синфазности на сейсмограмме: I – от неглубокой границы, II, III – от глубоких границ

На исходных полевых сейсмограммах четко будут проявляться отражённые волны только от сильных границ. Все остальные отражения обычно имеют небольшую интенсивность. Поэтому они коррелируются на

волновом поле с трудом отдельными непротяжёнными элементами гипер-бол.

Вопросы для самоконтроля:

- 1) Что такое ось синфазности волны?
- 2) Что такое область прослеживания волны?
- 3) Как определить длину сейсмической волны?
- 4) Какими параметрами отличаются головные (преломлённые) и поверхностные волны?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения предложенных заданий в период полевой учебной практики у студентов должны сформироваться представления о сущности сейсмического метода исследования геологического разреза, о применяемой сейсмической аппаратуре. Выполненная экспресс-обработка сейсмограмм МОВ должна закрепить теоретические знания об особенностях сейсмических волн разных типов. Полученные знания должны быть изложены в отчёте, который составляется согласно требованиям, изложенным во введении.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка: Учебник для вузов. Тверь: Изд-во АИС, 2006. 744 с.
2. Бондарёв В.И. Основы сейсморазведки: Учебник для вузов. Части I, II. Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2000. 252 с.
3. Вибрационная сейсморазведка. /Под ред. М.Б. Шнеерсона. М.: Недра, 1990. 239 с.
4. Потапов О.А. Организация и технические средства сейсморазведочных работ. М.: Недра, 1989. 260 с.
5. Теория и практика наземной невзрывной сейсморазведки /Под ред. М.Б. Шнеерсона. М.: ОАО «Изд-во «Недра», 1998. 527 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Тема 1. Изучение телеметрической системы сбора данных сейсмической информации	4
Тема 2. Изучение сейсмических источников упругих волн	8
Тема 3. Изучение волновой картины на полевых сейсмограммах	15
МОВ	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	18
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	18